مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تاثیراسید اولئیک و موم زنبور عسل بر عملکرد فیلم‌های بسته بندی امولسیونی بر پایه پودر نرم گندم

محبوبه کشیری[1*]، میثم دهقانی[1]، یحیی مقصودلو[1]، محمد قربانی[1]، هدی شهیری طبرستانی[1]، محبوبه حسن‌نیا[1]

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۰

کلمات کلیدی:

پودر نرم گندم،

پلی‌مر زیستی،

اسید اولئیک،

موم زنبورعسل،

فیلم امولسیونی.

DOI: 10.52547/fsct.18.09.08

* مسئول مکاتبات:

Mkashiri@gau.ac.ir

چکیده

افزایش آگاهی مصرف کنندگان و از طرفی مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف پلاستیک سبب گسترش فناوری‌های جدید با هدف بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم‌های زیستی نظیر تولید فیلم‌های امولســـیونی گردیده است. پودر نرم گندم محصولی حاصل از طبقه‌بندی آرد تحت سیستم پنوماتیکی‌باشد . هدف از این پژوهش تولید فیلم امولسیونی بر پایه پودر نرم گندم، به‌عنوان ماده اولیه جدید و ارزان قیمت و بررسی اثر دو نوع لیپید (اسید اولئیک و موم زنبورعسل) در غلظت‌های مختلف (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی فیلم‌های امولسیونی بود. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش غلظت لیپید، ضخامت، کدورت و استحکام کششی افزایش هم‌چنین رطوبت، کشش‌پذیری و حلالیت در برابر آب نسبت به فیلم شاهد کاهش یافت. مقایسه تاثیر غلظت دو نوع لیپید نشان داد که افزایش غلظت موم زنبورعسل در مقایسه با اسید اولئیک تاثیر بیشتری بر افزایش کدورت فیلم امولسیون داشت. نفوذپذیری نسبت به بخار آب فیلم امولسیونی حاوی ۵ درصد اسید اولئیک ($۱/۸۲\times۱۰^{-۱۰}$ $gm^{-1}s^{-1}Pa^{-1}$) در مقایسه با فیلم حاوی موم زنبورعسل در غلظت مشابه ($۲/۳۰\times۱۰^{-۱۰}$ $gm^{-1}s^{-1}Pa^{-1}$) کم‌تر بود. هم‌چنین تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشان داد سطح فیلم حاوی اسید اولئیک ۱۰ درصد، در مقایسه با نمونه شاهد سطحی صاف‌تر و یکنواخت با منافذ کوچک‌تر بود که تایید کننده نتایج نفوذپذیری نسبت بخار آب بود. نتایج این تحقیق بیانگر قابلیت خوب پودر نرم گندم در تهیه فیلم امولسیونی حاوی اسید اولئیک و موم زنبور عسل جهت استفاده در بسته بندی مواد غذایی بود.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.7.5]

[DOI: 10.52547/fsct.18.118.93]

۱- مقدمه

آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از ورود پلی‌مرهای سنتزی، پلاستیک‌ها و مواد بسته‌بندی غیرقابل تجزیه به طبیعت یکی از بزرگ‌ترین خطراتی است که زندگی بشر را تهدید می‌کند. وظیفه اصلی بسته‌بندی حفظ و نگهداری از محصول است؛ با این وجود سهم بزرگی از ضایعات روزمره را تشکیل داده و با سوزاندن و تدفین موجب آلودگی بیشتر محیط زیست می‌شوند. باوجود مشکلات و هزینه‌های سنگین عملیات بازیافت، تولید بسته‌بندی‌های زیست تخریب‌پذیر راهکاری معقول‌تر به نظر می‌رسد [۱]. با توجه به این که استفاده از این پلی‌مرها به‌تنهایی با معایبی همراه است، افزودن ترکیبات مختلف برای بهبود کیفیت فیلم‌ها ضرورتی اجتناب ناپذیر می‌باشد. از این‌رو استفاده از منابع پلی‌مری حاوی پروتئین، لیپید و نشاسته به‌صورت مخلوط[1] را مورد توجه کرفته است . در سال‌های اخیر استفاده از پلی‌مرهای طبیعی حاصل از منابع کشاورزی نظیر آرد که مخلوطی از پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها و چربی‌ها است، به‌منظور تولید فیلم و پوشش مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته است. ویژگی‌های فیلم بر پایه آرد مربوط به برهم‌کنش‌های بین پلی‌مرهای مختلف است که طی تشکیل و خشک شدن محلول فیلم اتفاق می‌افتد [۲]. فیلم‌های بر پایه آرد ویژگی‌های ممانعت‌کنندگی خوبی در مقایسه با نشاسته و برخی پلی‌مرهای دیگر نشان داده اند. حضور پروتئین و لیپید در ساختار آرد و برهم‌کنش بین آن‌ها، باعث شده تا فیلم‌های بر پایه آرد از انعطاف‌پذیری بالایی برخوردار باشند [۲]. پودر نرم گندم محصول جانبی حاصل از فرایند آسیابانی آرد گندم به‌عنوان پلی‌مر طبیعی جدید و ارزان قیمت در صنعت بسته‌بندی می‌تواند مورد استفاده و توجه قرار گیرد [۳]. فرآیند آسیابانی آرد شامل هم زدن، خرد کردن و الک کردن می‌باشد. طی این فرآیند محصولات جانبی بدست می‌آید که حدود ۲۶ درصد از کل دانه گندم را تشکیل می‌دهد. از مهم‌ترین فرآورده‌های جانبی می‌توان به سبوس (۲۴/۸ درصد)، پودر نرم گندم (۱/۳٪) و جوانه (۰/۰۲ درصد) اشاره نمود که پودر نرم گندم در آخرین غلتک خردکننده و طی الک کردن به دست می‌آید [۳]. این نوع آرد دارای مواد غیراندوسپرمی (ذرات ریز سبوس و جوانه) می‌باشد. هم‌چنین ذرات پودر نرم گندم از درصد نسبتاً بالایی پروتئین (۱۳/۱ در صد)، کربوهیدرات، مواد معدنی و ویتامین آ تشکیل شده است [٤]. یافتن منابع ارزان قیمت مواد خام کشاورزی برای تولید فیلم زیستی بسته‌بندی در تحقیقات پژوهشی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. با عنایت به ترکیبات اشاره شده در خصوص پودر نرم گندم، کاربرد این فراوده جانبی می‌تواند از حیث اقتصادی و زیست محیطی مورد توجه قرار گیرد.

لیپیدها با دارا بودن ویژگی‌های آب‌گریزی، چسبندگی، انعطاف‌پذیری و ساختار بلوری محکم، نفوذناپذیری مطلوبی در برابر منجر به بهبود ویژگی‌های بازدارندگی فیلم‌ها در برابر رطوبت و بخار آب می‌گردند. علاوه بر این لیپیدها می‌توانند با سایر مواد تشکیل‌دهنده فیلم مانند پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها به‌صورت ذرات امولسیون یا پوشش چندلایه در جهت افزایش مقاومت نسبت به نفوذ بخار آب ترکیب شوند [۵]. از مهم‌ترین ترکیبات لیپیدی در ساختار فیلمی می‌توان به منوگلیسریدها، اسیدهای چرب (اسید اولئیک)، موم‌ها (موم زنبور عسل، موم کارنوبا و موم کاندلیلا) اشاره کرد. اسید چرب غیراشباع اولئیک از مشتقات لیپیدی است که موجب بهبود ممانعت‌کنندگی در برابر رطوبت، بخار آب و ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌ها می‌شود. در همین راستا نتایجی مبنی بر اثربخشی اسید اولئیک در کاهش نفوذپذیری نسبت به بخار آب و بهبود خصوصیات مکانیکی در زیست پلی‌مرهایی نظیر کازئینات سدیم [٦]، نشاسته ذرت [۷]، صمغ تارا [۸]، فیلم کازئینات سدیم [۹]، کفیران [۱۰] گزارش شده است. موم‌ها نیز ترکیباتی لیپیدی با ماهیت آب‌گریز و بسیار مقاوم در برابر نفوذ آب می‌باشند. افزودن موم‌ها به ترکیبات تولید فیلم علاوه بر اثربخشی در ماهیت آب‌گریزی فیلم‌ها می‌تواند مرفولوژی آنها را دست‌خوش تغییر قرار دهد [۱۱]. موم زنبورعسل، ترکیبی بدون طعم، جامد در دمای اتاق و بسیار آب‌گریز می‌باشد [۱۲]. بر این اساس یکی از بهترین لیپیدها برای بهبود ویژگی‌های ممانعت‌کنندگی در برابر رطوبت و بخار آب فیلم‌ها گزارش شده است [۹]. در همین راستا اثربخشی موم زنبور عسل بر بهبود خصوصیات مکانیکی و ممانعتی زیست پلی‌مرهای نظیر ایزوله آب پنیر [۱۳]، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز [١٤]، کنسانتره پروتئین آب پنیر- پولولان [۱۵]، فیلم کیتوزان [١٦]، ژلاتین [۵] مورد بررسی قرارگرفته است.

با توجه به تقاضا و تغییر نگرش مصرف‌کننده‌گان در استفاده از

1. Polymer blending

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.7.5]
[DOI: 10.52547/fsct.18.118.93]

ترکیبات زیستی و در ادامه پژوهش تولید و بهبود فیلم‌های زیستی حاصل از محصول جانبی کارخانجات فراوری مواد غذایی هدف از این تحقیق بهبودفیلم امولسیونی بر پایه پودر نرم گندم در حضور اسید اولئیک و موم زنبور عسل در غلظت-های مختلف و ارزیابیتاثیر آن بر ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی، رنگی، مقاومت به رطوبت و ساختاری بود.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- تهیه مواد

گلیسرول، اسید اولئیک، کلرید سدیم از شرکت مرک (آلمان)، پودر نرم گندم از کارخانه آرد زاهدی (ایران)، موم زنبور عسل از شرکت سیگما (امریکا)، هیدروکسید سدیم از شرکت تتراکم (ایران) تهیه شدند.

۲-۲- تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی پودر نرم گندم

ویژگی اولیه پودر نرم گندم نظیر مقدار رطوبت، درصد پروتئین، خاکستر، درصد چربی و اندیس گلوتن به ترتیب بر اساس شماره‌های استاندارد ۱۶-۴۴، ۱۰-۴۶، ۰۱-۰۸ ۱۰-۳۰، ۱۰-۳۸ AACC[2] و میزان pH مطابق با استاندارد AOAC[3] شماره ۲۳-۹۴۰ و درصد کربوهیدرات (AOAC) تعیین شدند [۱۷, ۱۸].

۲-۳- تولید فیلم امولسیونی بر پایه پودر نرم گندم

فیلم‌های تولیدی در این تحقیق با استفاده از روش قالب‌گیری مطابق روش پیرو موسوی و همکاران (۱۳۹۶) با کمی اصلاحات تهیه شد [۳]. در این روش محلول آبی حاوی ۶ درصد (وزنی-حجمی) پودر نرم گندم آماده و به منظور انحلال پروتئین‌ها pH محلول حدود ۱۰/۷ تنظیم شد. سپس در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد اسید اولئیک و موم زنبورعسل ذوب شده (۵ و ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی-وزنی نسبت به وزن پلی‌مر) اضافه گردید. محلول حاصل از این مرحله به مدت ۳۰ دقیقه به‌منظور ژلاتینه‌شدن نشاسته در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد در بن‌ماری شیکردار قرار گرفت. در ادامه فرآیند، پس از کاهش دمای بن‌ماری به دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد توئین ۸۰ اضافه و در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد گلیسرول (۳۵ غلظت درصد وزنی-وزنی نسبت به وزن پلی‌مر) به محلول اضافه و به مدت ۱۵ دقیقه روی بن‌ماری شیکردار قرار داده شد. با استفاده از دستگاه هموژنایزر **اولتراسونیک** (مدل **UP200H** ساخت آلمان)، محلول به مدت ۳ دقیقه با ۸۰۰۰ دوردر دقیقه یکنواخت گردید پس از همگن شدن نرم‌کننده در محلول فیلم، ۲۵ گرم از محلول نهایی داخل پلیت‌های پلاستیکی به قطر ۱۰ سانتی‌متر ریخته شد و در آون جریان هوای داغ با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید.

۲-۴- ارزیابی ویژگی‌های فیلم‌های تولیدی

۲-۴-۱- اندازه‌گیری ضخامت فیلم‌های تولیدی

ضخامت فیلم‌های تولید شده با استفاده از میکرومتر دیجیتال (سری ۲۹۳، ساخت میتوتوی ژاپن) با حساسیت ۰/۰۰۱ میلی‌متر در ۱۰ نقطه برای هر فیلم اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به‌عنوان ضخامت فیلم گزارش شد [۱۹].

۲-۴-۲- اندازه‌گیری کدورت فیلم‌های تولیدی

فیلم‌ها در ابعاد ۱۰×۲۰ میلی‌متر بریده شدند. سپس جذب نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتری uv/vis (مدل ۷۳۱۵ ساخت انگلیس) در طول موج ۶۰۰ نانومتر قرائت و درصد کدورت نمونه‌های فیلم مطابق رابطه ۱ تعیین شدند [۲۰].

رابطه ۱

ضخامت/ شدت جذب ۶۰۰ نانومتر=کدورت

۲-۴-۳- اندازه‌گیری میزان رطوبت فیلم‌های تولیدی

فیلم‌های تولیدی به ابعاد ۳×۲ سانتی¬متر مربع بریده و درون پلیت‌هایی که از قبل به وزن ثابت رسیده، توزین و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی¬گراد تا رسیدن به وزن ثابت حرارت داده شدند. میزان کاهش وزن نمونه نسبت به وزن نمونه اولیه به¬عنوان مقدار رطوبت فیلم گزارش گردید.

۲-۴-۴- اندازه‌گیری نفوذ پذیری نسبت به بخار آب[4] فیلم‌های تولیدی

نفوذپذیری نسبت به بخار آب فیلم‌های تولیدی بر اساس تغییرات وزنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر اساس روش ASTM[5] به شماره ۹۵-۹۶ E انجام شد. در این روش از

2. American Association for Clinical Chemistry
3. Association of Official Analytical Chemists
4. Water Vapor Permeability (WVP)
5. American Standard American Society (ASTM)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.7.5]
[DOI: 10.52547/fsct.18.118.93]

فنجانک‌هایی به قطر داخلی ۳/۵ سانتی‌متر، قطر خارجی ٤/٥ سانتی‌متر و عمق ۳/۵ سانتی‌متر استفاده شد. به‌منظور تعیین رطوبت نسبی صفر درصد به مقدار ۷ گرم سیلیکاژل نرم در هر یک از فنجان‌ها وزن گردید. دهانه خارجی فنجانک با روغن سیلیکون پوشانده و فیلم به اندازه قطر خارجی فنجانک‌ها برش داده شد و با استفاده از حلقه لاستیکی به‌طور کامل درزگیری و فیلم و حلقه پلاستیک با سه کلیپس فلزی به درب فنجانک‌ها متصل گردید. در ادامه هر یک از فنجانک‌ها در دسیکاتوری شامل کلرید سدیم اشباع (رطوبت نسبی ۷۰ درصد) قرار داده شدند. فنجانک‌ها در زمان‌های مشخص توزین شدند. نمودار تغییرات وزن به صورت تابعی از زمان رسم گردید. نرخ انتقال بخار آب[6] از تقسیم شیب خط بر سطح فیلم‌های مورد آزمون بر اساس رابطه ۲ محاسبه شد [۲۱].

رابطه ۲

WVTR=شیب خط / سطح فیلم

پس از محاسبه نرخ انتقال بخار آب، نفوذپذیری در برابر بخار آب با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد.

رابطه ۳

$$WVP(gm^{-1} s^{-1} pa^{-1}) = (WVTR/\text{اختلاف فشار}) \times \text{ضخامت فیلم}$$

۲-٤-٥- ارزیابی ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌های تولیدی

ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌ها با استفاده از بافت سنج (AT-XT-Plus، ساخت انگلیس) ارزیابی شد. نوارهایی از فیلم به عرض ۲۵ میلی‌متر و طول ۱۰۰ میلی‌متر بر اساس روش ASTM ۸۸۲ -D برش داده شدند. فاصله بین دو فک ۵ سانتی‌متر و آهنگ بارگذاری ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه تنظیم گردید. ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌ها شامل مقاومت کششی (TS) با تقسیم حداکثر نیرو (F_{max}) به سطح اولیه (A) بر حسب مگاپاسکال و افزایش طول تا نقطه شکست (EAB %) با نسبت افزایش طول فیلم (ΔL) در نقطه پاره شدن به طول اولیه (L_0) بر حسب درصد (رابطه ٤ و ٥) محاسبه گردیدند [۲۲].

رابطه ٤

$$TS = F_{max} / A$$

رابطه ٥

$$EAB\% = \Delta L / L \times 100$$

۲-٤-٦- ارزیابی رنگ سنجی فیلم‌ها تولیدی

ارزیابی رنگ فیلم ها با استفاده از دستگاه رنگ سنج LOVIBOND (مدل CAM500 ساخت انگلیس) و تعیین سه فاکتور b^* و a^*، L^* انجام شد. صفحه استاندارد رنگ سفید به‌عنوان پس زمینه با مشخصات L^*=۹۷/۱ ، a^*=۰/۱۳ ، b^*=۱/۸۸ برای اندازه گیری رنگ مورد استفاده قرار گرفت. اندیس L^* توصیف کننده روشنی (صفر=سیاه و ۱۰۰=سفید) در نظر گرفته شد. در تعریف رنگ نمونه‌ها اندیس a^* بیانگر قرمزی (مثبت) و سبزی (منفی) و اندیس b^* نشان‌دهنده زردی (مثبت) و آبی (منفی) بود. اختلاف رنگی کل (ΔE) و اندیس سفیدی (WI) به ترتیب مطابق رابطه ٦ و ۷ محاسبه گردید [۱۹]. اندیس زردی (YI) رابطه ۸ محاسبه گردید [۲۳].

رابطه ٦

$$\Delta L = [(\Delta L)2 + (\Delta a)2 + (\Delta b)2]\ 1/2$$

رابطه ۷

$$WI = 100 - [100 - L)2 + a2 + b2]$$

رابطه ۸

$$YI = 142.86 \times b^* / L^*$$

۲-٤-۷- بررسی ریز ساختارهای فیلم‌های تولیدی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی[7]

فیلم حاوی لیپید (۱۰درصد وزنی-وزنی نسبت به وزن پلی مر) در دسیکاتور حاوی سیلیکاژل به‌طور کامل به مدت ۷ روز خشک شدند. در ادامه برای تصویربرداری از سطح و مقطع عرضی، ابتدا نمونه‌ها در ازت مایع شکسته و سپس از سمت مقابل شکسته شده به کمک چسب نقره روی پایه فلزی چسبانده شدند. پایه‌ها در یک دستگاه پوشش دهنده/پاشنده تا نقطه بحرانی خشک و به‌مدت ۵ دقیقه با ذرات طلا پوشش داده شدند و تصویربرداری به‌وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی (مدل Quanta 250 FEG) با ولتاژ ۲۰ کیلو ولت انجام شد [۲٤].

۲-٥-تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق آزمایشات در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. اثر عوامل مورد بررسی با استفاده از تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) ارزیابی گردید و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح آماری ۵

6. Water Vapor Transmission Rate (WVTR)

7. Scanning electron microscopy (SEM)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.7.5]
[DOI: 10.52547/fsct.18.118.93]

درصد و با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹) و رسم نمودار با اکسل (نسخه ۲۰۱۰) انجام گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ترکیبات پودر نرم گندم

از مهم‌ترین ترکیبات شیمیایی پودر نرم گندم مورد ارزیابی در این تحقیق می‌توان به پروتئین (۱۴/۰±۰۳/۲۱ درصد)، چربی (۵/۰±۳/۱۸ درصد)، خاکستر (۰/۹۴±۰/۱۱ درصد)، گلوتن مرطوب (۴۳/۱±۶/۲۳ درصد) و کربوهیدرات (۶۲/۰±۷/۲۴ درصد) اشاره کرد. رطوبت پودر نرم گندم نیز حدود ۱۱/۲۳±۰/۱۵درصد تعیین گردید.

۳-۲- تاثیر نوع و مقدار لیپید بر ضخامت فیلم‌های تولیدی

نتایج بررسی ضخامت فیلم‌های تولیدی در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، ضخامت فیلم‌ها با افزودن اسید اولئیک به‌عنوان ترکیب لیپیدی افزایش معنی‌داری یافت (P<۰/۰۵). به‌طوری که ضخامت فیلم شاهد از ۶/۰۶ ±۲۱۰ به ۶/۷۷ ± ۲۳۷ میکرومتر برای نمونه حاوی ۵ درصد اسید اولئیک افزایش یافت. با افزایش غلظت اسید اولئیک به ۱۰ و ۱۵ درصد، ضخامت فیلم‌های تولیدی نیز با افزایش همراه بود. دلیل این امر را می‌توان به ماهیت لیپید در ایفای نقش نرم‌کنندگی، بدین مفهوم که توانایی قرارگیری لیپید در زنجیره پلی‌مری می‌تواند منجر به افزایش فاصله مولکول‌ها و در نهایت افزایش ضخامت فیلم گردد. در همین راستا چن و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که افزودن اسید اولئیک به فیلم سلولز موجب افزایش ضخامت فیلم گردید [۲۵]. هم‌چنین با افزایش غلظت موم زنبورعسل از ۵ درصد (۳/۲۲ ± ۲۳۱ میکرومتر) تا ۱۵ درصد (۵/۲۸ ± ۲۵۵ میکرومتر) افزایش معنی‌داری یافت (P<۰/۰۵). نتایج به‌دست آمده از این تحقیق با نتایج هرومیس و همکاران (۲۰۱۵) پیرامون افزودن موم زنبور عسل به فیلم کیتوزان و ارتباط افزایش سطوح مصرفی آن با افزایش ضخامت مطابقت داشت [۱۶].

Table 1 Effect of oleic acid and bee wax on physical properties of fine wheat powder films

Lipid type	Concentration (w/w)	Thickness µm	Opacity	Moisture content (%)	WVP $gm^{-1}s^{-1}Pa^{-1}$
Control	0	210 ± 6.06^{c}	1.58 ± 0.01^{e}	11.24 ± 0.16^{a}	$2.25\times10^{-11\,c}$
OA	5	237 ± 6.77^{b}	2.08 ± 0.02^{d}	9.10 ± 0.76^{b}	$1.82\times10^{-11\,c}$
	10	258 ± 2.96^{a}	2.96 ± 0.35^{c}	8.98 ± 0.56^{bc}	$2.00\times10^{-11\,c}$
	15	268 ± 3.21^{a}	4.54 ± 0.04^{b}	8.31 ± 0.13^{cd}	$2.71\times10^{-11\,b}$
BW	5	231 ± 3.22^{b}	4.91 ± 0.19^{ab}	9.01 ± 0.51^{bc}	$2.29\times10^{-11\,b}$
	10	239 ± 3.46^{b}	5.16 ± 0.06^{a}	8.42 ± 0.91^{bcd}	$2.62\times10^{-11\,a}$
	15	255 ± 5.28^{a}	5.19 ± 0.07^{a}	8.21 ± 0.42^{d}	$2.79\times10^{-11\,a}$

Oleic acid (OA), Bee wax (BW)

۳-۳- تاثیر نوع و غلظت لیپید بر کدورت فیلم‌های امولسیونی تولیدی

شفافیت فیلم جهت استفاده به‌عنوان پوشش یا فیلم بسته‌بندی یک ویژگی حائز اهمیت است و از نظر مصرف کننده خوشایند تلقی می‌گردد. نتایج بررسی تاثیر نوع و غلظت لیپید بر کدورت فیلم‌های تولیدی بر پایه پودر نرم گندم در جدول ۱ نشان داده شده است. کدورت فیلم حاوی ۵ درصد اسید اولئیک (۲/۰۸ درصد) در مقایسه با نمونه شاهد (۱/۵۸ درصد) بیشتر بود. با افزایش غلظت اسید اولئیک افزایش معنی‌دار در کدورت فیلم مشاهده شد. نتایج به دست آمده در ارتباط با اثر اسید اولئیک روی شفافیت فیلم با نتایج کائو و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت داشت [۲۶]. این محققان بیان کردند که اضافه کردن اسید اولئیک به فیلم ژلاتین باعث ایجاد کدورت گردید. همچنین وانگ و همکاران (۲۰۱۴) نیز مشاهده کردند افزودن اسید اولئیک به فیلم ایزوله پروتئین سویا باعث کاهش شفافیت گردید [۲۷]. دلیل این پدیده می‌تواند ناشی از پراکندگی اسید اولئیک در شبکه پلی‌مری باشددر همین راستا ما و همکاران (۲۰۱۶) کدورت فیلم صمغ تارا حاوی اسید اولئیک را ناشی از توزیع قطرات اسید اولئیک و تخریب ساختار منظم ماتریکس فیلم دانستند [۸].

با افزایش غلظت موم زنبورعسل از ۵ درصد به ۱۰ و ۱۵ درصد، کدورت فیلم‌ها به ترتیب از ۴/۹۱ درصد به ۵/۱۶ و ۵/۱۹ افزایش یافت. در همین راستا نتایج ولیکوا و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که استفاده از پوشش موم زنبورعسل در

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.7.5]
[DOI: 10.52547/fsct.18.118.93]

فیلم کیتوزان چند لایه موجب کاهش شفافیت فیلم تولیدی گردید که با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مطابقت داشت [۲۸].

مقایسه اثر نوع نرم‌کننده لیپیدی بر فیلم‌های امولسیونی نشان داد که نقش موم زنبورعسل در ایجاد کدورت بیشتر بود که از این حیث با نتایج فابرا و همکاران (۲۰۰۹) مبنی بر شفافیت بیش‌تر فیلم شاهد نسبت به فیلم حاوی اسید اولئیک و موم زنبورعسل مطابقت داشت [۱۲]. بر اساس گزارش این محققان حضور لیپیدها به‌خصوص افزایش غلظت موم زنبورعسل در مخلوط اسید اولئیک و موم زنبورعسل منجر به افزایش کدورت گردیده بود. این موضوع می‌تواند به حضور اندازه کریستالعا غلظت بیشتر موم زنبورعسل نسبت داده شود.

۳-٤- تاثیر نوع و مقدار لیپید بر رطوبت فیلم‌های امولسیونی تولیدی

رطوبت فیلم‌های تولیدی در جدول ۱ نشان داده شده است. مقایسه تاثیر افزودنی لیپید در محلول‌های امولسیونی در مقایسه با نمونه شاهد نشان داد که محتوی رطوبتی فیلم حاصل حاوی افزودنی لیپیدی کاهش معنی‌داری نشان داد ($P<۰/۰۵$). همان‌طور که مشاهده می‌شود رطوبت فیلم‌های تولیدی (شاهد) با افزودن اسید اولئیک و موم زنبورعسل از ۰/۱٦ ± ۱۱/۲٤ درصد به ۰/۷٦ ± ۹/۱۰ درصد و ۰/۵۱ ± ۹/۰۱ درصد به‌ترتیب برای نمونه حاوی ۵ درصد اسید اولئیک و ۵ درصد موم زنبورعسل کاهش معنی‌داری نشان داد ($P<۰/۰۵$). درصد رطوبت فیلم‌های تولیدی تحت تاثیر غلظت افزودنی موم زنبور عسل و اسید اولئیک قرار داشت (جدول ۱). با افزایش غلظت اسید اولئیک و موم زنبورعسل از سطح ۵ درصد به ۱۰ و ۱۵ درصد کاهش معنی‌داری در میزان رطوبت فیلم ایجاد شد ($P<۰/۰۵$). ماسامبا و همکاران (۲۰۱٦) مشاهده کردند که محتوی رطوبتی فیلم ترکیبی زئین-اسید اولئیک اتصال عرضی داده شده با ترانس گلوتامیناز با افزایش غلظت اسید اولئیک در فیلم کاهش یافت [۲۹]. در همین راستا قاسملو و همکاران (۲۰۱۱) نیز نتایج مشابهی در رابطه با اثر اسید اولئیک بر کاهش محتوی رطوبتی فیلم کفیران مشاهده کردند [۱۰]. این محققان دلیل این امر را به افزایش آب‌گریزی فیلم نسبت دادند و بیان کردند که اسید اولئیک با ایجاد پیوندهای کووالانسی بین گروه‌های عملکردی زنجیره‌های کفیران و کاهش دسترسی به گروه‌های هیدروکسیل منجر به محدود کردن برهمکنش آب-پلی‌ساکارید به‌وسیله پیوندهای هیدروژنی و در نتیجه کاهش محتوی رطوبتی فیلم شد.

همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است رطوبت فیلم حاوی ۵ درصد موم زنبورعسل ۰/۵۱ ± ۹/۰۱ درصد بود که با نتایج هرومیس و همکاران (۲۰۱۵) مبنی بر افزودن موم زنبورعسل مطابقت داشت [۱٦]. آن‌ها بیان کردند با افزودن موم زنبورعسل به فیلم کیتوزان محتوای رطوبتی فیلم کاهش یافت. هم‌چنین با افزایش درصد موم زنبورعسل در فیلم کیتوزان از ۷۲ درصد موم به ۹۰ درصد موم میزان محتوی رطوبتی حدود ۲ درصد کاهش یافت. کلانگمونگ و سودورنویت (۲۰۱٦) به‌طور مشابه دریافتند، افزودن موم زنبورعسل به فیلم هیدروکسی پروپیل متیل سلولز به دلیل آب‌گریزی (موم زنبورعسل) سبب کاهش ویژگی آب‌دوستی فیلم و محتوی رطوبتی گردید [۳۰]. برخلاف نتایج این محققان، خانزادی و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده کردند که افزایش میزان موم زنبورعسل به دلیل افزایش سهم مولکول‌های آب در امولسیون تشکیل شده در فیلم باعث افزایش در محتوای رطوبتی فیلم کنسانتره پروتئین آب پنیر-پولولان در فیلم گردید [۱۵]. مقایسه رطوبت فیلم‌های حاوی اسید اولئیک و موم زنبورعسل با فیلم شاهد حاکی از کاهش معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد بود (جدول ۱).

۳-۵- تاثیر نوع و غلظت لیپید بر نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌های امولسیونی تولیدی

افزایش نفوذپذیری نسبت به بخار آب فیلم می‌تواند مربوط به تفاوت در چگونگی انتشار مولکولی بخار آب و برهم‌کنش‌های آب‌دوست-آبگریز، نسبت بین نقاط کریستالی و آمورف، تحرک زنجیره پلی‌مری و برهم‌کنش بین گروه‌های عملکردی پلی‌مر بستگی قلمداد گردد [۲۷]. بر اساس گزارش محققان فیلم‌های خوراکی با نفوذپذیری نسبت به بخارآب کم‌تر به دلیل جلوگیری از انتقال رطوبت بین غذا و محیط اطراف آن‌ها ترجیح داده می‌شوند [۵]. نتایج نفوذپذیری به بخار آب در جدول ۱ نشان داده شده است، همان‌طور که مشاهده می‌شود با حضور اسید اولئیک در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد تغییر معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد در نفوذپذیری نسبت به بخارآب فیلم‌های تولیدی مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). نفوذپذیری به بخارآب فیلم شاهد $۲/۲۵ \times ۱۰^{-۱۱} \pm ۰/۳٤\ gm^{-1}s^{-1}Pa^{-1}$ تعیین گردید. نتایج نشان داد که افزودن اسید چرب اولئیک به

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.7.5]
[DOI: 10.52547/fsct.18.118.93]

میزان ۵ و ۱۰ درصد سبب کاهش نفوذپذیری نسبت به بخارآب گردیده است. هم‌چنین با افزایش درصد اسید اولئیک از ۵ به ۱۰ و ۱۵ درصد نفوذپذیری به بخارآب به‌ترتیب از $gm^{-1}s^{-1}Pa^{-1}$ ۱/۸۲ ×۱۰$^{-11}$ به ۲ ±×۱۰$^{-11}$ و ۲/۷۱×۱۰$^{-11}$ افزایش یافت. در این راستا قاسملو و همکاران (۲۰۱۱)، ماسامبا و همکاران (۲۰۱۶) و وانگ و همکاران (۲۰۱٤) نتایج مشابهی پیرامون کاهش نفوذپذیری به بخار آب به‌ترتیب در فیلم‌های کفیران، زئین و ایزوله پروتئین سویا گزارش کردند [۱۰, ۲۷, ۲۹]. در این راستا ولاچا و همکاران (۲۰۱٦) دلیل کاهش نفوذپذیری به بخار آب و حلالیت فیلم کیتوزان با افزودن اسید اولئیک را به برهم‌کنش گروه کربوکسیل اسید اولئیک با گروه‌های عملکردی کیتوزان و تشکیل شبکه‌ای و عدم برهم‌کنش بیش‌تر آب با گروه‌های قطبی کیتوزان نسبت دادند [۳۱].

در مورد افزودن موم زنبورعسل به میزان ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد به فیلم نیز اثر آب‌گریزی برخلاف انتظار بود. نفوذپذیری نسبت به بخارآب فیلم‌های امولسیونی در مقایسه با نمونه شاهد افزایش داشت (جدول ۱). در همین راستا فابرا و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که حضور موم زنبورعسل در غلظتی بیش‌تر از ۳۰ درصد کل فاز لیپیدی (نسبت ۷۰:۳۰ موم زنبورعسل: اسید اولئیک) منجر به کاهش در نفوذپذیری به بخارآب فیلم سدیم کازئینات نگردید [۹]. آن‌ها دلیل این امر را به پراکندگی ضعیف موم در سیستم فیلم زیستی نسبت دادند. به نظر می‌رسد که اندازه، توزیع و حالت فیزیکی لیپید و پلی‌مورفیسم در نفوذپذیری نسبت به بخارآب می‌تواند نقش داشته باشد [۲۵]. بر خلاف نتایج به دست آمده از این تحقیق خانزادی و همکاران (۲۰۱۵) کاهش معنی‌داری بین فیلم‌های کنسانتره پروتئین آب پنیر-پولولان حاوی درصدهای متفاوت موم زنبورعسل مشاهده کردند. آن‌ها بیان کردند که فیلم پروتئینی به‌دلیل ماهیت آب‌دوست پلی‌مر مقاومت کمی نسبت به نفوذپذیری به بخار آب نشان داد که با افزایش میزان موم زنبور عسل در فیلم به دلیل ماهیت آب‌گریزی بیشتر منجر به کاهش نفوذپذیری به بخار آب گردید [۱۵]. هم‌چنین بر اساس گزارش گژانگ و همکاران (۲۰۱۸) افزودن موم زنبورعسل سبب کاهش معنی‌داری در نفوذپذیری به بخار آب فیلم ژلاتین گردید که با نتایج به‌دست آمده از این پژوهش مطابقت نداشت [۵]. علت اصلی این عدم تطابق با توجه به آب‌گریزی موم زنبورعسل را می‌توان به عدم برهم‌کنش مطلوب لیپید در روش و فرمولاسیون پودر نرم گندم نسبت داد. به‌طوری که ناسازگاری پلی‌مر با لیپید موجب افزایش شانس مهاجرت مولکول‌های آب می‌گردند [۳۲].

۳-٦- تاثیر نوع و غلظت لیپید بر حلالیت در برابر آب فیلم‌های امولسیونی

حلالیت در آب فیلم‌های امولسیونی در محدوده ٦۸/۰۹- ۲٤/۲٤ درصد بود. همان‌طوری که در شکل ۱ نشان داده شده است، افزودن اسید چرب اولئیک سبب کاهش معنی‌داری درحلالیت در آب فیلم گردید ($P<0/05$). با افزایش درصد اسید اولئیک از ۵ به ۱۰ و ۱۵ درصد به ترتیب حلالیت در آب ۱٤/۷۲ و ۲۸/۵۷ درصد کاهش یافت.

افزودن موم زنبورعسل به میزان ۵ درصد باعث افزایش حلالیت در آب فیلم تولیدی گردید. اما با افزایش غلظت موم زنبورعسل به میزان ۱۰ و ۱۵ درصد حلالیت در آب نسبت به فیلم شاهد به ترتیب ٤۳/۰۷ و ٤٦/۱٤ درصد کاهش یافت. کاهش درصد حلالیت در آب فیلم با افزایش غلظت موم زنبورعسل با نتایج خانزادی و همکاران (۲۰۱۵) در فیلم کنسانتره پروتئین آب پنیر-پولولان و ژانگ و همکاران (۲۰۱۸) در فیلم ژلاتین نیز مطابقت داشت [۱۵]. حلالیت در آب فیلم‌های حاوی ۱۰ و ۱۵ درصد اسید اولئیک بیشتر از موم زنبورعسل بود (شکل ۱). دلیل این امر را می‌توان به زنجیره کربنی طویل‌تر موم زنبور عسل ($C_{15}H_{31}COOC_{30}H_6$) در مقایسه با اسید چرب اولئیک ($C_{18}H_{34}O_2$) نسبت داد.

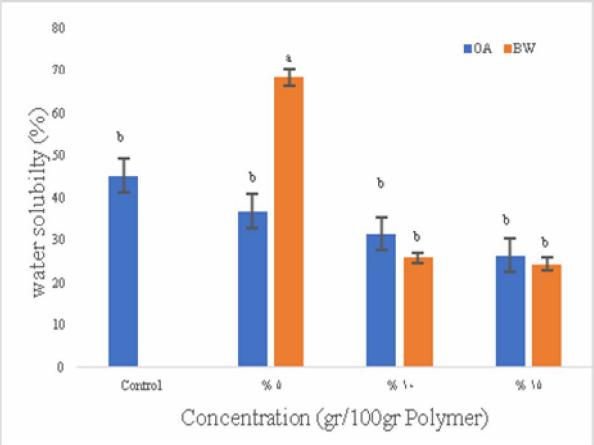


Fig 1 Effect of OA and BW on water solubility of fine wheat powder films

۳-۷- تاثیر نوع و غلظت لیپید بر ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌های امولسیونی

ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌های خوراکی به سبب انعکاس دوام و توانایی فیلم برای حفظ لایه پیوسته روی محصول اهمیت دارد. علاوه بر این ویژگی‌های مکانیکی ضعیف می‌تواند در افزایش

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.7.5]
[DOI: 10.52547/fsct.18.118.93]

نفوذپذیری در برابر گاز و بخار آب نقش داشته باشد [۱٤]. کشش‌پذیری نمونه‌های حاوی ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد اسید اولئیک به‌ترتیب ۱/۵۰ ± ٦/۲۵، ۰/۸۹ ± ۵/۱ و ۱/٤٦ ± ۳/۸۰ درصد تعیین شد که در مقایسه با نمونه شاهد (۰/۳٤ ± ۲۷/۱۱ درصد) به‌طور معنی‌داری کمتر بود (شکل A ۲). پروال و همکاران (۲۰۰۲) نیز کشش‌پذیری ضعیف فیلم آرابینوگزیلان با افزودن اسید اولئیک را به عدم یکنواختی ترکیبات در ماتریکس فیلم نسبت دادند [۳۳]. به‌عبارتی عدم توانایی کافی لیپیدها برای تشکیل ماتریکس چسبنده و پیوسته سبب تضعیف کشش‌پذیری فیلم‌ها می‌گردد [۳٤]. استحکام کششی فیلم حاوی ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد اسید اولئیک اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد نداشتند ($p>۰/۰۵$) (شکل B ۲) نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج چن و همکاران (۲۰۱۵) مبنی بر کاهش کشش‌پذیری و استحکام کششی با افزایش غلظت اسید اولئیک در فیلم سلولز مطابقت داشت [۲۵].

همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است افزودن موم زنبورعسل به میزان ۵ درصد سبب کاهش معنی‌دار درکشش‌پذیری گردید ($P<۰/۰۵$)؛ به‌طوری که درصد کشش‌پذیری فیلم شاهد از ۰/۳٤ ± ۲۷/۱۱ درصد به ۰/۷۱ ± ۱۰/۹٦ درصد در فیلم حاوی ۵ درصد موم زنبورعسل تغییر یافت. این روند کاهشی با افزایش غلظت موم زنبورعسل به‌ترتیب برای نمونه حاوی ۱۰ و ۱۵ درصد موم زنبورعسل به ۰/۰۸ ± ٤/۷۸ درصد و ۰/۲۷ ± ٤/۱۷ درصد بود.

استحکام کششی در فیلم‌های حاوی ۵ درصد موم زنبورعسل در مقایسه با نمونه شاهد به میزان معنی‌داری افزایش یافت. این در حالی است که استحکام‌کششی در نمونه‌های حاوی ۱۰ و ۱۵ درصد موم زنبورعسل تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت (شکل ۲). ناوارو-تارازگا و همکاران (۲۰۰۸) اثرات منفی موم زنبورعسل بر ویژگی‌های مکانیکی فیلم هیدروکسی پروپیل متیل سلولز را به مقاومت مکانیکی ضعیف لیپیدها، افزایش ساختار ناهمگن فیلم و ناپیوستگی در شبکه پلی‌مر نسبت دادند [۱٤]. ریس و همکاران (۲۰۱۸) نیز بیان کردند که پوشش‌دهی ظروف نشاسته ترموپلاستیک/پلی لاکتیک اسید در حضور یک درصد موم زنبورعسل منجر افزایش استحکام کششی شد؛ در حالی که با افزایش غلظت موم به ۲ و ۳ درصد موم زنبورعسل استحکام کششی کم‌تر از نمونه شاهد مشاهده شد [۳۵]. به‌علاوه هان و همکاران (۲۰۰٦) کاهش معنی‌داری در میزان کشش‌پذیری پس از افزودن موم زنبورعسل به فیلم نشاسته مشاهده کردند که تاییدی بر نتایج به دست آمده از این تحقیق است [۳٦].

مقایسه کشش‌پذیری نمونه‌های حاوی اسید اولئیک و موم زنبورعسل نسبت به نمونه شاهد در غلظت ۵ درصد نمونه حاوی موم زنبورعسل حاکی از کشش‌پذیری بیشتر نمونه حاوی اسید اولئیک بود (شکل A۲). استحکام کششی نمونه حاوی ۵ درصد موم زنبورعسل (۰/۰۸ ± ٦/٤۷ مگاپاسکال) تفاوت معنی‌دار در مقایسه با نمونه شاهد (۰/۰٦ ± ۲/۵۵ مگا پاسکال) نشان داد. از مقایسه استحکام کششی بین نمونه‌های حاوی اسید اولئیک و موم زنبورعسل می‌توان دریافت که در غلظت ۵ درصد، استحکام کششی فیلم حاوی موم زنبورعسل به میزان معنی‌داری از استحکام کششی فیلم حاوی اسید اولئیک بیش‌تر بود ($P<۰/۰۵$) ولی در غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ درصد اختلاف معنی‌داری بین استحکام کششی این دو نوع فیلم مشاهده نگردید ($P>۰/۰۵$). موندرو و همکاران (۲۰۰۹) در توجیه اثر اسید اولئیک و موم زنبورعسل بر ویژگی‌های مکانیکی فیلم ایزوله پروتئین سویا بیان کردند که تفاوت حالت فیزیکی اسید اولئیک و موم زنبورعسل نقش مهمی در رفتار مشاهده شده داشت. ماهیت اسید اولئیک مایع و در طول تغییر شکل فیلم جریان می‌یابد، در حالی که موم زنبورعسل جامد و تغییر شکل کم‌تر در طول کشش فیلم نشان می‌دهد [۳۷].

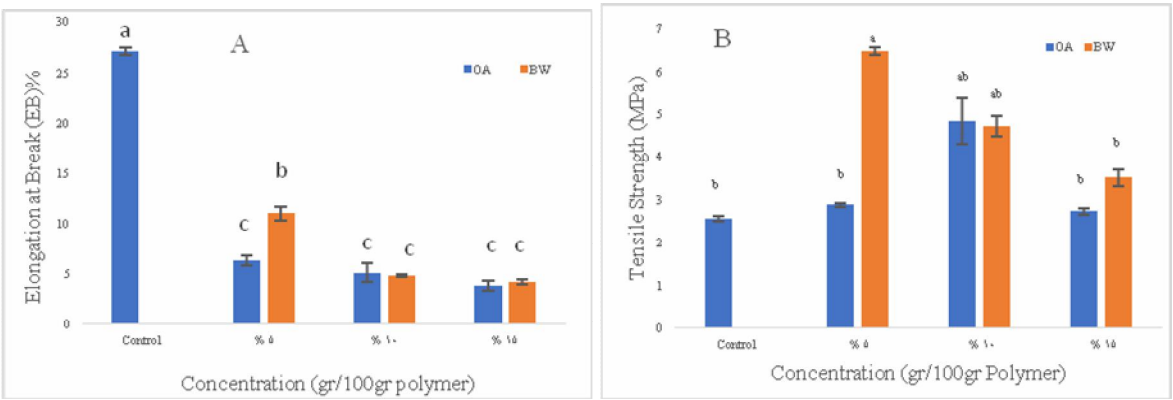


Fig 2 Effect of oleic acid and bee wax on elongation at break (A) and tensile strength (B) of fine wheat powder films

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.7.5]
[DOI: 10.52547/fsct.18.118.93]

۳-۸- تاثیر نوع و غلظت لیپید بر رنگ فیلم‌های امولسیونی

در بسته‌بندی مواد غذایی رنگ فیلم‌ها به‌دلیل اثرگذاری بر پذیرش مصرف کننده یکی از ویژگی‌های مهم محسوب می‌شود [۲۳]. تاثیر اسید اولئیک و موم زنبورعسل بر شاخص‌های L^*، a^* و b^*، اختلاف رنگی کل، اندیس زردی و سفیدی در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، شاخص روشنایی فیلم شاهد ۰/۱۲ ± ۹۱/۲۰ بود. با افزایش غلظت اسید اولئیک از۱۰ درصد (۰/۶۱ ± ۸۵/۶۰) به ۱۵ درصد (۰/۵۵ ± ۸۱/۷) شاخص روشنایی کاهش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵) که دلیل این امر را می‌توان به ظاهر کدر و متمایل به زرد اسید اولئیک در دمای محیط نسبت داد. این نتایج با گزارش ما و همکاران (۲۰۱۶) در فیلم صمغ تارا حاوی اسید اولئیک مبنی بر کاهش شاخص روشنایی در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد اسید اولئیک) مطابقت داشت [۸]. شاخص شاخص روشنایی فیلم حاوی موم زنبورعسل در غلظت ۵ درصد (۰/۳۵ ± ۸۶/۵۳) نسبت به نمونه شاهد (۰/۱۲ ± ۹۱/۲۰) کم‌تر بود. اما در غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ درصد موم زنبورعسل مقدار L^* به ترتیب ۰/۲۳±۸۹/۸۰ و ۰/۷۰ ± ۹۰/۴۰ به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت (P<۰/۰۵). از این حیث نتایج موندرو و همکاران (۲۰۰۹) و کلانگموانگ و سوتورنویت (۲۰۱۶) مبنی بر کاهش L^* با افزودن موم زنبورعسل نسبت به نمونه شاهد به‌ترتیب در فیلم ایزوله پروتئین سویا و فیلم هیدروکسی پروپیل متیل سلولز مطابقت داشت [۳۰, ۳۷]. خانزادی و همکاران (۲۰۱۵) نیز بیان کردند که افزودن موم زنبورعسل اثر معنی‌داری بر شاخص L^* نداشت [۱۵]. در پژوهش حاضر فیلم‌های حاوی ۵ درصد اسید اولئیک شاخص L^* بیش‌تری نسبت به نمونه حاوی موم زنبورعسل داشت (جدول ۲)

شاخص a^* با افزایش غلظت موم زنبور عسل به ۱۰ و ۱۵ درصد نسبت به نمونه شاهد افزایش معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد نشان داد که از این حیث با نتایج سچینی و همکاران (۲۰۱۷) مبنی بر افزایش شاخص a^* در اثر افزودن ۱/۵ درصد موم زنبورعسل به فرمولاسیون فیلم ترکیبی بر پایه کنسانتره پروتئین آب پنیر مطابقت داشت [۳۸].

با افزایش غلظت اسید اولئیک از ۵ به ۱۵ درصد شاخص اختلاف رنگی کل از ۰/۴۹ ± ۴/۷۲ به ۰/۵۴ ± ۱۲/۵۲ افزایش یافت. همچنین شاخص ΔE نمونه حاوی موم زنبورعسل در غلظت ۵ درصد ۰/۴۴ ± ۵/۶۹ به دست آمد که با افزایش غلظت موم زنبورعسل به ۱۵ درصد تا ۰/۲۳ ± ۶/۲۵ افزایش یافت (جدول ۲) که از این حیث با نتایج خانزادی و همکاران (۲۰۱۵) مبنی بر کاهش اختلاف رنگی کل فیلم ترکیبی کنسانتره پروتئین آب پنیر-پولولان با افزایش غلظت موم زنبورعسل مطابقت نداشت [۱۵]. با توجه به جدول ۲ می‌توان دریافت که شاخص رنگی کل فیلم‌های حاوی اسید اولئیک از نمونه حاوی موم زنبورعسل بیش‌تر بود.

Table 2 Effect of oleic acid (OA) and bee wax (BW) on color properties of fine wheat powder films

Plasticizer	Concentration (gr/100gr polymer)	L^*	a^*	b^*	ΔE	YI	WI
Control	0	91.20 ± 0.12a	2.40 ± 0.00d	8.33 ± 0.53d	-	13.05 ± 0.83d	87.63 ± 0.37a
OA	5	88.47 ± 0.78b	3.20 ± 0.40c	11.93 ± 0.30c	4.72 ± 0.49d	19.28 ± 0.45c	83.07 ± 0.58b
	10	85.60 ± 0.61c	4.56 ± 0.35b	15.53 ± 0.09a	9.40 ± 0.45b	25.93 ± 0.28b	78.32 ± 0.49d
	15	81.70 ± 0.55d	6.03 ± 0.27a	15.63 ± 0.12a	12.52 ± 0.54a	27.34 ± 0.37a	75.18± 0.53c
BW	5	86.53 ± 0.35c	3.50 ± 0.23c	11.40 ± 0.20c	5.69 ± 0.44cd	18.82 ± 0.42c	82.01 ± 0.43b
	10	89.80 ± 0.23ab	4.83 ± 0.24b	12.17 ± 0.18bc	4.77 ± 0.15ad	19.36 ± 0.32c	83.39 ± 0.19b
	15	90.40 ± 0.70a	6.40 ± 0.11a	12.97 ± 0.23b	6.25 ± 0.23c	19.23 ± 0.20c	82.62 ± 0.39b

Means within each column with same letters are not significantly different (p<0.05).
Data are means±SD

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.7.5]
[DOI: 10.52547/fsct.18.118.93]

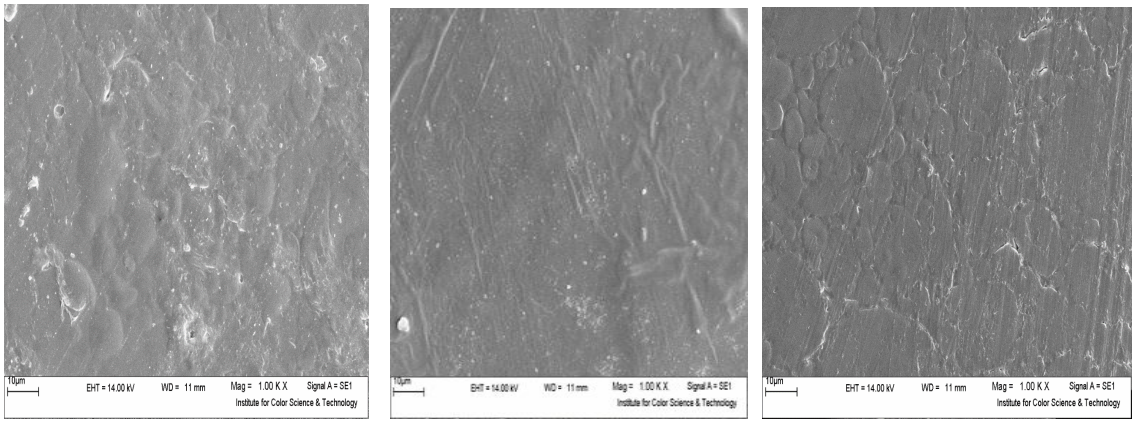
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.7.5]

[DOI: 10.52547/fsct.18.118.93]

۳-۸- تاثیر نوع لیپید بر ریز ساختارهای فیلم‌های امولسیونی

مشاهدات میکروسکوپی ابزار مهمی برای درک ساختار فیلم محسوب می‌گردد. بر این اساس در این تحقیق از میکروسکوپ الکترونی روبشی برای بررسی تغییرات ساختاری که در حضور اسید اولئیک ۱۰ درصد و موم زنبور عسل ۱۰ درصد در فیلم بر پایه آرد گندم استفاده گردید که تصاویر در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، سطح فیلم حاوی ۱۰ درصد اسید اولئیک در مقایسه با نمونه شاهد صاف‌تر، یکنواخت با منافذ کوچک‌تری بود. هم‌چنین مقایسه تصاویر فیلم‌های حاوی موم زنبورعسل و اسید اولئیک بیانگر دست‌یابی به فیلم یکنواخت با استفاده از اسید اولئیک بود. فیلم حاوی موم زنبورعسل نیز دارای منافذ و ناهمواری-هایی بر سطح بود. به نظر می‌رسد تبخیر حلال در طول تشکیل و خشک کردن فیلم امولسیونی باعث ایجاد تغییر در ساختار امولسیونی به‌دلیل پدیده بی‌ثبات شدن امولسیون مانند تجمع و به هم پیوستگی قطرات چربی گردیده است. شدت چنین پدیده‌ای بستگی به غلظت لیپید، اندازه ذرات در امولسیون اولیه، ویسکوزیته فاز پیوسته و ویژگی‌های بین سطحی قطرات گزارش شده است. فابرا و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی اثر اسید اولئیک و موم زنبور عسل با استفاده از تصاویر میکروسکوپ الکترونی ساختار نامنظم‌تر فیلم حاوی موم زنبورعسل نسبت به فیلم حاوی اسید اولئیک در فیلم کازئینات سدیم را تایید و علت آن را به نقطه ذوب بالاتر و اندازه قطرات بزرگتر آن نسبت دادند که سبب به‌هم پیوستگی قطرات چربی و خامه‌ای شدن بیش‌تر شد [۱۲]. علاوه بر این تفاوت در ساختار سطحی عامل اصلی ایجاد تفاوت در نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌ها است، که تاییدی بر نتایج به دست آمده در بخش نفوذپذیری به بخار آب تلقی می‌باشد [۲۷]. در همین راستا خانزادی و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که فیلم کنسانتره پروتئین آب پنیر بدون موم زنبورعسل با دارا بودن ساختار صاف و منظم سبب نفوذپذیری به بخار آب کم‌تر گردید [۱۵] که با نتایج به دست آمده از این تحقیق نیز مطابقت نداشت که در توجیه این مطلب می‌توان بیان داشت که مهاجرت موم زنبورعسل بر بخش سطحی احتمالا منجر به کاهش تمایل به مهاجرت بخار آب از سطح که می‌تواند تاییدی بر نتایج نفوذپذیری در برابر بخار آب قلمداد گردد.



(A) (B) (C)

Fig 3 SEM micrographs of emulsion base film of fine wheat powder A) Control B) 10% oleic acid and C) 10% bee wax

٤- نتیجه‌گیری

پودر نرم گندم به‌عنوان یک منبع اقتصادی ارزان و مناسب در تولید فیلم‌های امولسیونی حاوی دو نوع لیپید (اسید اولئیک و موم زنبورعسل) با هدف بهبود خواص مکانیکی و فیزیکی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این تحقیق بیانگر نقش نوع و افزایش غلظت لیپیدی در افزایش ضخامت فیلم، کاهش شفافیت فیلم، رطوبت و حلالیت در آب بود. ممانعت‌کنندگی در برابر بخار آب فیلم‌های آب حاوی اسید اولئیک در مقایسه با موم زنبورعسل بهتر بود که این امر بیانگر تاثیر ماهیت لیپید بر ساختار فیلم به این مفهوم که علاوه ماهیت آب‌گریزی چگونگی تاثیر آن بر ساختار محلول فیلمی اثربخش بوده است. بیشترین مقاومت کششی در فیلم حاوی اسید اولئیک مشاهده شد. تولید فیلم امولسینونی بر پایه پودر نرم گندم فعال و اثر اسید اولئیک و موم زنبورعسل بر شدت فعالیت باکتری‌های

گرم مثبت و گرم منفی در آینده نزدیک منتشر خواهد شد.

۵- منابع

[1] Petersen, K., et al., Potential of biobased materials for food packaging. Trends in Food Science & Technology, 1999. 10(2): p. 52-68.

[2] Tapia-Blácido, D., et al., Contribution of the starch, protein, and lipid fractions to the physical, thermal, and structural properties of amaranth (Amaranthus caudatus) flour films. Journal of Food Science, 2007. 72(5): p. E293-E300.

[3] Peyromousavi, M., Kashiri, M., Maghsoudlou, Y., Komeiri, M & Alami, M, Investigation the effect of type and plasticizer concentration on characteristic of novel biodegradable film based fine wheat powder. Iranian Journal of Food Science and Technology, 1396. 15(85): p. 33-47.

[4] Delcour, J.A., & Hoseney, R.C. (2010). Principles of cereal science and technology. American Association of Cereal Chemists. Inc., St. Paul, 1-270.

[5] Zhang, Y., B.K. Simpson, and M.-J. Dumont, Effect of beeswax and carnauba wax addition on properties of gelatin films: A comparative study. Food Bioscience, 2018. 26: p. 88-95.

[6] Boromand, A., Emamjomeh, Z & Razavi, H, Investigation the effect of oleic and Stearic acids on mechanical, permeability and microstructure properties of sodium caseinate film. Iranian Journal of Biosystems Engineering, 1389. 41(2): p. 185-193.

[7] Jiménez, A., et al., Effect of re-crystallization on tensile, optical and water vapour barrier properties of corn starch films containing fatty acids. Food Hydrocolloids, 2012. 26(1): p. 302-310.

[8] Ma, Q., et al., Tara gum edible film incorporated with oleic acid. Food Hydrocolloids, 2016. 56: p. 127-133.

[9] Fabra, M.J., P. Talens, and A. Chiralt, Tensile properties and water vapor permeability of sodium caseinate films containing oleic acid–beeswax mixtures. Journal of Food Engineering, 2008. 85(3): p. 393-400.

[10] Ghasemlou, M., et al., Characterization of edible emulsified films with low affinity to water based on kefiran and oleic acid. International Journal of Biological Macromolecules, 2011. 49(3): p. 378-384.

[11] Alkan, D., et al., Development of flexible antimicrobial packaging materials against Campylobacter jejuni by incorporation of gallic acid into zein-based films. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011. 59(20): p. 11003-11010.

[12] Fabra, M.J., P. Talens, and A. Chiralt, Microstructure and optical properties of sodium caseinate films containing oleic acid–beeswax mixtures. Food Hydrocolloids, 2009. 23(3): p. 676-683.

[13] Talens, P. and J.M. Krochta, Plasticizing effects of beeswax and carnauba wax on tensile and water vapor permeability properties of whey protein films. Journal of Food Science, 2005. 70(3): p. E239-E243.

[14] Navarro-Tarazaga, M.L., R. Sothornvit, and M.a.B. Pérez-Gago, Effect of plasticizer type and amount on hydroxypropyl methylcellulose– beeswax edible film properties and postharvest quality of coated plums (cv. Angeleno). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008. 56(20): p. 9502-9509.

[15] Khanzadi, M., et al., Physical and mechanical properties in biodegradable films of whey protein concentrate–pullulan by application of beeswax. Carbohydrate polymers, 2015. 118: p. 24-29.

[16] Hromiš, N.M., et al., Optimization of chitosan biofilm properties by addition of caraway essential oil and beeswax. Journal of Food Engineering, 2015. 158: p. 86-93.

[17] AACC, Approved Metods of the American Association of Creal Chemists, 10 th Ed., . American Association of Creal Chemists, St. Paul, MN, 2000. 2.

[18] AOAC, Association of Official Analytical Chemist:. 2005, Official metods of analysis (18th ed.): Washington,DC.

[19] Sabaghi, M., Y. Maghsoudlou, and P. Habibi, Enhancing structural properties and antioxidant activity of kefiran films by chitosan addition. Food Structure, 2015. 5: p. 66-71.

[20] Tunç, S. and O. Duman, Thermodynamic properties and moisture adsorption isotherms of cottonseed protein isolate and different forms of cottonseed samples. Journal of Food Engineering, 2007. 81(1): p. 133-143.

[21] ASTM, Standard test methods for water vapor transmission of materials E 96-80. Annual book of ASTM standards, 1989.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.7.5]

[DOI: 10.52547/fsct.18.118.93]

based composite films. LWT-Food Science and Technology, 2016. 65: p. 222-227.
[31] Vlacha, M., et al., On the efficiency of oleic acid as plasticizer of chitosan/clay nanocomposites and its role on thermo-mechanical, barrier and antimicrobial properties–Comparison with glycerol. Food Hydrocolloids, 2016. 57: p. 10-19.
[32] Indrarti, L. Preparation and characterization of bacterial cellulose-beeswax films. in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. IOP Publishing.
[33] Péroval, C., et al., Edible arabinoxylan-based films. 1. Effects of lipid type on water vapor permeability, film structure, and other physical characteristics. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002. 50(14): p. 3977-3983.
[34] Almeida, C.B.d., et al., Microstructure and thermal and functional properties of biodegradable films produced using zein. Polímeros, 2018(AHEAD): p. 0-0.
[35] Reis, M.O., et al., Biodegradable trays of thermoplastic starch/poly (lactic acid) coated with beeswax. Industrial Crops and Products, 2018. 112: p. 481-487.
[36] Han, J., et al., Physical and mechanical properties of pea starch edible films containing beeswax emulsions. Journal of Food Science, 2006. 71(6): p. E290-E296.
[37] Monedero, F.M., et al., Effect of oleic acid–beeswax mixtures on mechanical, optical and water barrier properties of soy protein isolate based films. Journal of Food Engineering, 2009. 91(4): p. 509-515.
[38] Cecchini, J.P., et al., Development of edible films obtained from submicron emulsions based on whey protein concentrate, oil/beeswax and brea gum. Food Science and Technology International, 2017. 23(4): p. 371-381.
[22] ASTM, D., 882-01, Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting. Annual Book of ASTM Standards, Designation D882-01, American Society for Testing Materials, Philadelphia, PA, 2001.
[23] Ghanbarzadeh, B. and H. Almasi, Physical properties of edible emulsified films based on carboxymethyl cellulose and oleic acid. International Journal of Biological Macromolecules, 2011. 48(1): p. 44-49.
[24] Dias, A.B., et al., Biodegradable films based on rice starch and rice flour. Journal of Cereal Science, 2010. 51(2): p. 213-219.
[25] Chen, G., B. Zhang, and J. Zhao, Dispersion process and effect of oleic acid on properties of cellulose sulfate-oleic acid composite film. Materials, 2015. 8(5): p. 2346-2360.
[26] Cao, N., X. Yang, and Y. Fu, Effects of various plasticizers on mechanical and water vapor barrier properties of gelatin films. Food Hydrocolloids, 2009. 23(3): p. 729-735.
[27] Wang, Z., et al., The effects of ultrasonic/microwave assisted treatment on the water vapor barrier properties of soybean protein isolate-based oleic acid/stearic acid blend edible films. Food Hydrocolloids, 2014. 35: p. 51-58.
[28] Velickova, E., et al., Characterization of multilayered and composite edible films from chitosan and beeswax. Food Science and Technology International, 2015. 21(2): p. 83-93.
[29] Masamba, K., et al., Effect of drying temperature and pH alteration on mechanical and water barrier properties of transglutaminase cross linked zein–oleic acid composite films. LWT-Food Science and Technology, 2016. 65: p. 518-531.
[30] Klangmuang, P. and R. Sothornvit, Combination of beeswax and nanoclay on barriers, sorption isotherm and mechanical properties of hydroxypropyl methylcellulose-

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.7.5]
[DOI: 10.52547/fsct.18.118.93]

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effects of Oleic acid and Bee wax on packaging performance of fine wheat powder -based emulsion films

Kashiri, M. [1]*, Dehghani, M. [1], Maghsoudlou, Y. [1], Ghorbani, M. [1], Shahiri Taberstani, H. [1], Hassani, M. [1]

1. Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

ARTICIE INFO

Article History:

Received 2020/ 03/ 12
Accepted 2021/ 07/ 11

Keywords:

Fine wheat powder,
Oleic Acid,
Beeswax,
Emulsion film.

DOI: 10.52547/fsct.18.09.08

*Corresponding Author E-Mail:
Mkashiri@gau.ac.ir

ABSTRACT

Fine wheat powder is a natural polymer that obtained from of pneumatic process in which light particles are not allowed to be used in bakeries despite the presence of nutrients and lead to reduced quality of flour. The purpose of this study was production of emulsion film based on wheat soft powder as a new and inexpensive raw material and investigation of two types lipids (oleic acid and beeswax) at different concentrations (5, 10 and 15%) on physical and mechanical properties of emulsion films. The results showed that by increasing lipid concentration, thickness, turbidity and tensile strength increased. But moisture decreased and elongation at break decreased as compared the control film. Comparison between the lipid concentration showed that increasing the concentration of beeswax compared to oleic acid had more effect on increasing the turbidity value of the emulsion film. Water vapor permeability of emulsion film containing 5% oleic acid (1.82×10^{-10} $g^{-1}m^{-1}s^{-1}pa^{-1}$) was lower as compared beeswax film at similar concentrations (2.30×10^{-10} $g^{-1}m^{-1}s^{-1}pa^{-1}$). In addition, scanning electron microscopy images showed the surface of 10% oleic acid film was smooth and uniform with smaller pores as compared the control sample which confirm the water vapor permeability results. The results of this study indicated the good capability of fine wheat powder in preparation of emulsion film containing oleic acid and beeswax application in food packaging.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.7.5]
[DOI: 10.52547/fsct.18.118.93]